

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/014010

International filing date: 01 August 2005 (01.08.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-226086
Filing date: 02 August 2004 (02.08.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 29 September 2005 (29.09.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 8 月 2 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 2 2 6 0 8 6

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 2 2 6 0 8 6

出 願 人
Applicant(s): 日 本 電 信 電 話 株 式 会 社

2 0 0 5 年 9 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中 嶋



【書類名】	特許願
【整理番号】	NTTH165646
【提出日】	平成16年 8月 2日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	G02B 6/12
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】	坂巻 陽平
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】	才田 隆志
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】	鬼頭 勤
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】	柳澤 雅弘
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】	橋本 俊和
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】	高橋 浩
【特許出願人】	
【識別番号】	000004226
【氏名又は名称】	日本電信電話株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100077481
【弁理士】	
【氏名又は名称】	谷 義一
【選任した代理人】	
【識別番号】	100088915
【弁理士】	
【氏名又は名称】	阿部 和夫
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	013424
【納付金額】	16,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1
【包括委任状番号】	9701393

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

基板上に形成されたコアとクラッドからなる平面光回路であって、

信号光を入力する 1 つ以上の入力光導波路と、

入力された前記信号光の一部を高次モードと放射モードとに結合するモード結合手段と

、
前記モード結合手段により前記高次モードと前記放射モードとに結合された前記信号光を出力信号光に再結合するモード再結合手段と、

前記出力信号光を出力させる 1 つ以上の出力光導波路とを備え、

前記モード結合手段および前記モード再結合手段は、コアの幅および高さの少なくとも一方が連続的に変動する光導波路であることを特徴とする平面光回路。

【請求項 2】

前記光導波路のコアの幅および高さの少なくとも一方の変動は、前記信号光の伝搬方向の単位長さ（ $1\ \mu\text{m}$ ）当たり $\pm 8\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の平面光回路。

【請求項 3】

前記光導波路のコアの幅および高さの少なくとも一方の変動は、前記信号光の伝搬方向の単位長さ（ $1\ \mu\text{m}$ ）当たり $\pm 4\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の平面光回路。

【請求項 4】

前記モード結合手段および前記モード再結合手段は、コアの幅および高さの少なくとも一方が部分的に 0 となる光導波路であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の平面光回路。

【請求項 5】

前記モード結合手段および前記モード再結合手段の少なくとも一方が、前記光導波路のコアから離れた少なくとも一つの島状のコア部分を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の平面光回路。

【請求項 6】

前記モード結合手段および前記モード再結合手段の少なくとも一方が、前記光導波路のコアの内部に、クラッドと等しい屈折率を有する少なくとも一つの島状のクラッド部分を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の平面光回路。

【請求項 7】

前記島状のコア部分または前記島状のクラッド部分は、1 辺の長さが信号光の波長の $1/10$ 以上かつ $1\ \mu\text{m}$ 程度以下であることを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の平面光回路。

【請求項 8】

前記基板がシリコン基板であり、前記コアが石英系ガラスであることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の平面光回路。

【請求項 9】

基板上に形成されたコアとクラッドからなる光導波路レンズであって、

信号光を入力する 1 つ以上の入力光導波路と、

入力された前記信号光の一部を高次モードと放射モードとに結合するモード結合手段と

、
前記モード結合手段により前記高次モードと前記放射モードとに結合された前記信号光を出力信号光に再結合するモード再結合手段と、

前記出力信号光を出力させる 1 つ以上の出力光導波路とを備え、

前記モード結合手段および前記モード再結合手段は、コアの幅および高さの少なくとも一方が連続的に変動する光導波路であり、

前記光導波路のコアの変動する幅および高さの少なくとも一方は、前記入力光導波路から入力された信号光のフィールドを前記入力光導波路側から前記出力光導波路側へ伝搬さ

せたフィールドの位相と、前記出力光導波路から出力される所望の信号光のフィールドの位相を反転させたフィールドを前記出力光導波路側から前記入力光導波路側へ伝搬させたフィールドの位相との位相差を最小とする幅または高さであることを特徴とする光導波路レンズ。

【請求項 10】

前記光導波路のコアの幅および高さの少なくとも一方の変動は、前記信号光の伝搬方向の単位長さ（ $1\ \mu\text{m}$ ）当たり $\pm 8\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 9 に記載の光導波路レンズ。

【請求項 11】

前記光導波路のコアの幅および高さの少なくとも一方の変動は、前記信号光の伝搬方向の単位長さ（ $1\ \mu\text{m}$ ）当たり $\pm 4\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 9 に記載の光導波路レンズ。

【請求項 12】

前記モード結合手段および前記モード再結合手段は、コアの幅および高さの少なくとも一方が部分的に 0 となる光導波路であることを特徴とする請求項 9 ないし 11 のいずれかに記載の光導波路レンズ。

【請求項 13】

前記モード結合手段および前記モード再結合手段の少なくとも一方が、前記光導波路のコアから離れた少なくとも一つの島状のコア部分を備えることを特徴とする請求項 9 ないし 12 のいずれかに記載の光導波路レンズ。

【請求項 14】

前記モード結合手段および前記モード再結合手段の少なくとも一方が、前記光導波路のコアの内部に、クラッドと等しい屈折率を有する少なくとも一つの島状のクラッド部分を備えることを特徴とする請求項 9 ないし 13 のいずれかに記載の光導波路レンズ。

【請求項 15】

前記島状のコア部分または前記島状のクラッド部分は、1 辺の長さが信号光の波長の $1/10$ 以上かつ $1\ \mu\text{m}$ 程度以下であることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の光導波路レンズ。

【請求項 16】

前記基板がシリコン基板であり、前記コアが石英系ガラスであることを特徴とする請求項 9 ないし 15 のいずれかに記載の光導波路レンズ。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 平面光回路および光導波路レンズ

【技術分野】

【0001】

本発明は入力した信号光を変換し希望の信号光を取り出す平面光回路および光導波路レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

光通信システムの更なる大容量化、高速化に伴い、高度な機能を果たす光デバイスを安価に提供する重要性が高まっている。平面基板上に作製された光回路は設計上の自由度が高く、量産性・安定性に優れているため上記要請に応える光デバイスを提供できることから、研究開発が世界的に進んでいる。

【0003】

従来の平面光回路の一例を図10に示す。平面回路は、入力光導波路71と、入力光導波路71に光学的に結合された出力光導波路72とで構成されている（例えば、特許文献1参照）。図10に示す平面光回路は、出力光導波路72をバラボラ形状に設計することで、平面光回路に出力信号光のフィールド分布を調整する機能を付与している。しかしながら、この設計手法では入力信号光の基底モードとそれに結合した2次モードのみしか取り扱えなかったため、信号光のフィールド分布を調整するレンズとしての特性は低かった。また、2次モードを徐々に生成する構成であるために、平面光回路のサイズが大きくなるという問題が生じていた。

【0004】

また、テーパ形状の光導波路および光ファイバーとの接続部分を周期的に分断した構成とすることでスポットサイズ変換機能を付与した平面光回路が知られている（例えば、非特許文献1参照）。

【0005】

しかしながら、光信号が伝搬する光導波路を周期的に分断しているため分断面における信号光の反射が避けられないという問題があり、スポットサイズ変換器以外の用途に応用することができないという課題があった。

【0006】

また、光導波路の幅が非周期的に増減を繰り返す構成とすることでスポットサイズ変換機能を付与した平面光回路が知られている（例えば、非特許文献2参照）。

【0007】

しかしながら、光導波路幅が信号光の伝搬方向に沿って急激な増減を繰り返す構成となっており、このために平面光回路の作製が非常に難しいという課題があった。

【0008】

【特許文献1】 特開平9-297228号公報（第7図）

【非特許文献1】 Z. Waissman、外1名、「Analysis of Periodically Segmented Waveguide Mode Expanders」, Journal of Lightwave Technology, 1995年10月, Vol. 13, No. 10,（第1図）

【非特許文献2】 Michael M. Spuhler、外4名、「A Very Short Planar Silica Spot-Size Converter Using a Nonperiodic Segmented Waveguide」, Journal of Lightwave Technology, 1998年9月, Vol. 16, No. 9（第1図、第2図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

光導波路の伝播モードを基底として設計している従来の平面光回路については、実現できる光フィールドに制限があり、また、光導波路の分断により機能を実現している従来の平面光回路については、導波路幅の急激な変化によって反射光などが生じてしまい、透過型デバイスとして利用できないという課題があった。これらの平面光回路では、極細の光

導波路を実現する必要がある、作製が非常に困難であるという問題があった。

【0010】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、既存の平面光回路作製プロセスで容易に作製することが可能な平面光回路および光導波路レンズを提供すること。また、信号光の伝搬損失を低減した平面光回路および光導波路レンズを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、基板上に形成されたコアとクラッドからなる平面光回路であって、信号光を入力する1つ以上の入力光導波路と、入力された前記信号光の一部を高次モードと放射モードとに結合するモード結合手段と、前記モード結合手段により前記高次モードと前記放射モードとに結合された前記信号光を出力信号光に再結合するモード再結合手段と、前記出力信号光を出力させる1つ以上の出力光導波路とを備え、前記モード結合手段および前記モード再結合手段は、コアの幅および高さの少なくとも一方が連続的に変動する光導波路で構成される。

【0012】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の平面光回路は、前記光導波路のコアの幅および高さの少なくとも一方が、前記信号光の伝搬方向の単位長さ（1 μm ）当たり $\pm 8 \mu\text{m}$ 変動する。

【0013】

さらに、請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の平面光回路は、前記光導波路のコアの幅および高さの少なくとも一方が、前記信号光の伝搬方向の単位長さ（1 μm ）当たり $\pm 4 \mu\text{m}$ で変動する。

【0014】

このような構成とすることで、既存の平面光回路作製プロセスで作製することが可能な、信号光の伝搬に伴う損失を低減した平面光回路を提供することができる。

【0015】

また、請求項4に記載の発明は、請求項1ないし3のいずれかに記載の平面光回路は、前記モード結合手段および前記モード再結合手段が、コアの幅および高さの少なくとも一方が部分的に0となる光導波路で構成される。

【0016】

さらに、請求項5に記載の発明は、請求項1ないし4のいずれかに記載の平面光回路は、前記モード結合手段および前記モード再結合手段の少なくとも一方が、前記光導波路のコアから離れた少なくとも一つの島状のコア部分を備える。

【0017】

さらにまた、請求項6に記載の発明は、請求項1ないし5のいずれかに記載の平面光回路は、前記モード結合手段および前記モード再結合手段の少なくとも一方が、前記光導波路のコアの内部に、クラッドと等しい屈折率を有する少なくとも一つの島状のクラッド部分を備える。

【0018】

このような構成とすることで、信号光の伝搬に伴う損失を低減した平面光回路を提供することができる。

【0019】

また、請求項7に記載の発明は、請求項5または6に記載の平面光回路は、前記島状のコア部分または前記島状のクラッド部分は、1辺の長さが信号光の波長の $1/10$ 以上かつ $1 \mu\text{m}$ 程度以下で構成される。

【0020】

また、請求項8に記載の発明は、請求項1ないし7のいずれかに記載の平面光回路は、前記基板がシリコン基板であり、前記コアが石英系ガラスである。

【0021】

このような構成とすることで、信号光の伝搬に伴う損失を低減した平面光回路を提供することができる。

【0022】

また、請求項9に記載の発明は、基板上に形成されたコアとクラッドからなる光導波路レンズであって、信号光を入力する1つ以上の入力光導波路と、入力された前記信号光の一部を高次モードと放射モードとに結合するモード結合手段と、前記モード結合手段により前記高次モードと前記放射モードとに結合された前記信号光を出力信号光に再結合するモード再結合手段と、前記出力信号光を出力させる1つ以上の出力光導波路とを備え、前記モード結合手段および前記モード再結合手段は、コアの幅および高さの少なくとも一方が連続的に変動する光導波路であり、前記光導波路のコアの変動する幅および高さの少なくとも一方は、前記入力光導波路から入力された信号光のフィールドを前記入力光導波路側から前記出力光導波路側へ伝搬させたフィールドの位相と、前記出力光導波路から出力される所望の信号光のフィールドの位相を反転させたフィールドを前記出力光導波路側から前記入力光導波路側へ伝搬させたフィールドの位相との位相差を最小とする幅または高さで構成される。

【0023】

また、請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の光導波路レンズは、前記光導波路のコアの幅および高さの少なくとも一方の変動が、前記信号光の伝搬方向の単位長さ（1 μm ）当たり $\pm 8 \mu\text{m}$ である。

【0024】

さらに、請求項11に記載の発明は、請求項9に記載の光導波路レンズは、前記光導波路のコアの幅および高さの少なくとも一方の変動が、前記信号光の伝搬方向の単位長さ（1 μm ）当たり $\pm 4 \mu\text{m}$ である。

【0025】

このような構成とすることで、既存の平面光回路作製プロセスで作製することが可能な、信号光の伝搬に伴う損失を低減した光導波路レンズを提供することができる。

【0026】

また、請求項12に記載の発明は、請求項9ないし11のいずれかに記載の光導波路レンズは、前記モード結合手段および前記モード再結合手段が、コアの幅および高さの少なくとも一方が部分的に0となる光導波路で構成される。

【0027】

さらに、請求項13に記載の発明は、請求項9ないし12のいずれかに記載の光導波路レンズは、前記モード結合手段および前記モード再結合手段の少なくとも一方が、前記光導波路のコアから離れた少なくとも一つの島状のコア部分を備える。

【0028】

さらにまた、請求項14に記載の発明は、請求項9ないし13のいずれかに記載の光導波路レンズは、前記モード結合手段および前記モード再結合手段の少なくとも一方が、前記光導波路のコアの内部に、クラッドと等しい屈折率を有する少なくとも一つの島状のクラッド部分を備える。

【0029】

このような構成とすることで、信号光の伝搬に伴う損失を低減した光導波路レンズを提供することができる。

【0030】

また、請求項15に記載の発明は、請求項13または14に記載の光導波路レンズは、前記島状のコア部分または前記島状のクラッド部分は、1辺の長さが信号光の波長の $1/10$ 以上かつ $1 \mu\text{m}$ 程度以下である。

【0031】

また、請求項16に記載の発明は、請求項9ないし15のいずれかに記載の光導波路レンズは、前記基板がシリコン基板であり、前記コアが石英系ガラスである。

【0032】

このような構成とすることで、信号光の伝搬に伴う損失を低減した光導波路レンズを提供することができる。

【発明の効果】

【0033】

以上説明したように、本発明によれば既存の平面光回路作製プロセスで容易に作製することが可能な、信号光の伝搬損失を低減した平面光回路を提供できる利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。尚、本実施形態において、同一機能を有する部分には同一符号を付し、その重複説明は省略する。

【0035】

さらに、以下の実施形態では平面光回路はシリコン基板上に形成された石英系ガラス光導波路であるとした。これは、このような組み合わせにすると、安定で加工性に優れた平面光回路を提供できるからである。しかしながら、本発明はこの組み合わせに限定されるものではなく、半導体光導波路、ポリマー光導波路など、これ以外の基板およびガラス膜を用いても勿論構わない。

【0036】

図1および図2を参照して本発明の第一の実施形態を説明する。

【0037】

図1は、第一の実施形態にかかる光導波路レンズ（平面光回路）を基板に対して垂直方向から見た平面図である。z軸は信号光の伝搬方向を示している。ここで、図1は光導波路レンズとしたが、これは、本発明にかかる平面光回路が、レンズなど伝播モードのみで実現するのが難しい機能を実現するのに優れているからである。しかしながら、本発明にかかる平面光回路は、本実施形態に限定されるものではなく、スポットサイズ変換器などの機能を有する平面光回路として構成することができる。

【0038】

図1に示すように、第一の実施形態にかかる光導波路レンズ（平面光回路）は、信号光を入力させる入力光導波路11と、入力光導波路11に入力された信号光の一部を高次モードと放射モードとに結合させるモード結合手段12と、モード結合手段12において光学的に結合された高次モードおよび放射モードを、位相を考慮して出力信号光に再結合させるモード再結合手段13と、モード再結合手段13において光学的に再結合された出力信号光を出力させる出力光導波路14から構成されている。

【0039】

モード結合手段12およびモード再結合手段13は、光導波路のコアの幅が非周期的になめらかにまたは連続的に変動する光導波路で構成されている。

【0040】

図1に示す光導波路レンズの変動する光導波路のコアの幅の構成方法について説明する。変動する光導波路のコアの幅は波動伝達媒体の基本概念を適用して決定する。ここでは、光回路へ適用することから、波動伝達媒体中を伝搬する「波動」は「光」である。波動伝達媒体にかかる理論は、一般の波動方程式に基づいて、媒質の特性を指定するものであり、一般の波動においても原理的に成り立ち得るものである。

【0041】

入力光導波路11から入力された信号光のフィールドを、入力光導波路11側から出力光導波路14側へ伝搬させたフィールド（順伝搬光）を Ψ 、出力光導波路14から出力される希望の信号光のフィールドの位相を反転させたフィールドを出力光導波路14側から入力光導波路11側へ伝搬させたフィールド（逆伝搬光）を Φ^* とする。

【0042】

このとき、図1に示すz軸の各位置での順伝搬光 Ψ と逆伝搬光 Φ^* の位相差が最小となるような屈折率分布を与えれば入力させた信号光を希望の出力信号光に変換するための最適な光導波路レンズ（平面光回路）を構成することができる。

【0043】

具体的には、図1に示す z 軸の各位置で、コアとクラッドの境界面における順伝搬光と逆伝搬光の位相差($\Psi - \Phi^*$)を計算する。

【0044】

コアとクラッドの境界面における順伝搬光と逆伝搬光の位相差が正である場合($\Psi - \Phi^* > 0$)、光導波路のコア幅を拡大することで Ψ と Φ^* の位相差を最小化することが可能である。

【0045】

また、コアとクラッドの境界面における順伝搬光と逆伝搬光の位相差が負である場合($\Psi - \Phi^* < 0$)、光導波路のコア幅を縮小することで Ψ と Φ^* の位相差を最小化することが可能である。

【0046】

このような構成方法に基づき、 z 軸の各位置で順伝搬光 Ψ と逆伝搬光 Φ^* の位相差が最小となるような光導波路のコアの幅をそれぞれ計算により求めることで、入力させた信号光を希望の出力信号光に変換するための最適な光導波路レンズ(平面光回路)を構成することができる。

【0047】

ここで、信号光伝搬方向に対して光導波路のコアの幅の変動が急峻である場合は、平面光回路の作製が困難になるという問題が生じる。したがって、光導波路のコアの幅の変動は、連続的であり、なめらかであり、信号光伝搬方向の単位長さ($1\mu\text{m}$)当たり $\pm 8.0\mu\text{m}$ であることが望ましい。さらに、光導波路のコアの幅の変動の最適値は、信号光伝搬方向の単位長さ($1\mu\text{m}$)当たり $-4.0 \sim +4.0\mu\text{m}$ の範囲内になることがより望ましい。

【0048】

図1に示す光導波路レンズ(平面光回路)は、次のような手順により作製することができる。まずSi基板上に火炎堆積法などによって SiO_2 下部クラッド層を堆積し、次に GeO_2 をドーパントとして添加した SiO_2 ガラスのコア層を堆積する。次に、光導波路のコアの幅の変動がなめらかになるように、図1に示すようなパターンを用いてコア層をエッチングして光導波路部分を作製する。最後に、再び SiO_2 上部クラッド層を堆積する。

【0049】

図2に、本発明の平面光回路を光導波路レンズとして構成したときの信号光の伝搬損失の波長依存性を示す。これは、光導波路のコアの幅の変動を $1\mu\text{m}$ 当たり $-4.0 \sim +4.0\mu\text{m}$ の範囲内になるように制限した場合の光導波路レンズによるものである。図2より、波長帯域 $1300 \sim 1600\text{nm}$ において信号光の伝搬損失が 0.1dB 程度に低減され、十分に良好な特性が得られることが分かる。

【0050】

次に、図3を参照して本発明の第二の実施形態について説明する。

【0051】

第二の実施形態にかかる光導波路レンズ(平面光回路)は、第一の実施形態にかかる光導波路レンズ(平面光回路)の変形である。

【0052】

図3は、第二の実施形態にかかる光導波路レンズ(平面光回路)を基板に対して垂直方向から見た平面図である。 z 軸は信号光の伝搬方向を示す。モード結合手段12とモード再結合手段13がモード結合・再結合手段31として一体となって構成されている。なお、変動する導波路のコアの幅は、第一の実施形態の光導波路レンズ(平面光回路)と同じ方法で構成することができる。

【0053】

図3に示すように、モード結合手段12およびモード再結合手段13は図1に示すようなそれぞれ独立した構成である必要はなく、入力光導波路11と、モード結合手段12と

モード再結合手段 1 3 が一体となったモード結合・再結合手段 3 1 と、出力光導波路 1 4 が、この順に光学的に結合した構成とすることができる。

【0054】

次に、図 4 および図 5 を参照して、第三の実施形態を説明する。

図 4 は、本発明の第三の実施形態にかかる交差平面光回路を基板に対して垂直方向から見た平面図である。ここで、図 4 では交差光導波路としたが、これは、本発明にかかる平面光回路が、交差損失低減に非常に有効に機能するからである。しかしながら、本発明にかかる平面光回路は、本実施形態に限定されるものではなく、光合分岐など他の機能を有する平面光回路として構成することができる。

【0055】

図 4 に示すように、第三の実施形態にかかる交差平面光回路は、2つの入力光導波路 1 1 と、入力光導波路 1 1 に入力された信号の一部を高次モードと放射モードとに結合させるモード結合手段 1 2 と、モード結合手段 1 2 において光学的に結合された高次モードおよび放射モードを、位相を考慮して出力信号光に再結合させるモード再結合手段 1 3 と、モード再結合手段 1 3 において光学的に再結合された出力信号光を出力させる2つの出力光導波路 1 4 と、コアと等しい屈折率を有する1箇所以上の島状のコア部分 4 1 から構成される。

【0056】

モード結合手段 1 2 およびモード再結合手段 1 3 は、幅が非周期的になめらかに変動する光導波路で構成されている。

【0057】

また、図 4 に示すように、第三の実施形態にかかる交差平面光回路は、光導波路のコアの幅が変動しているのみならず、 Ψ と Φ^* の位相差が最小となるような光導波路のコア以外の部分にコアと同じ屈折率を有する島状のコア部分 4 1 を1箇所以上点在させることができる。さらに、導波路のコアの幅が0となる（消失している）箇所を存在させることができる。

【0058】

ここで、 Ψ と Φ^* は、それぞれ、入力光導波路 1 1 から入力された信号光のフィールドを入力光導波路 1 1 側から出力光導波路 1 4 側へ伝搬させたフィールド（順伝搬光）、出力光導波路 1 4 から出力される希望の信号光のフィールドの位相を反転させたフィールドを出力光導波路 1 4 側から入力光導波路 1 1 側へ伝搬させたフィールド（逆伝搬光）である。

【0059】

この図 4 に示す交差平面光回路の変動する光導波路のコアの幅は、第一の実施形態において説明した構成方法を用いて構成することができる。

【0060】

この場合、島状のコア部分 4 1 を具備しない構成と比較して、信号光波長が 1550 nm の場合における伝搬損失が 0.3 dB から 0.1 dB へと大きく改善する。

【0061】

しかし、コアと同じ屈折率を有する島状のコア部分 4 1 のサイズが小さい場合、平面光回路の作製が困難になるという問題を伴う。また、サイズが小さすぎる場合、信号光が島上のコア部分を通過してしまうため、平面光回路の特性の向上が期待できない。従って、既存の作製プロセスを用いて作製する平面光回路の特性を上記構成で向上させるためには、コアと同じ屈折率を有する島状のコア部分 4 1 の一辺の長さを信号光の波長の $1/10$ 程度以上、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度以下にする必要がある。例えば、信号光の波長が $1.55\text{ }\mu\text{m}$ の場合、島状のコア部分 4 1 の一辺の長さは $0.15\text{ }\mu\text{m}$ 程度の大きさが必要である。このような条件を付しても、十分に良好な特性を得ることができる。

【0062】

図 5 は、本発明の平面光回路を交差型導波路としたときの、入力光導波路 1 1 の1つのポートに入力された信号光の伝搬損失の波長依存性を示している。図 5 より、波長帯域 1

300～1600nmにおいて信号光の伝搬損失が0.1dB程度に低減されたことが分かる。

【0063】

次に図6を参照して本発明の第四の実施形態について説明する。

【0064】

第四の実施形態にかかる交差平面光回路は、第三の実施形態にかかる交差平面光回路の変形である。

【0065】

図6は、第四の実施形態にかかる交差平面光回路を基板に対して垂直方向から見た平面図である。ここで、図6では交差光導波路としたが、これは、本発明にかかる平面光回路が、交差損失低減に非常に有効に機能するからである。しかしながら、本発明にかかる平面光回路は、この例に限定されるものではなく、光合分岐など他の機能を有する平面光回路として構成することができる。

【0066】

図6に示す交差平面光回路は、2つの入力光導波路11と、入力光導波路11に入力された信号の一部を高次モードと放射モードとに結合させるモード結合手段12と、モード結合手段12において光学的に結合された高次モードおよび放射モードを、位相を考慮して出力信号光に再結合させるモード再結合手段13と、モード再結合手段13において光学的に再結合された出力信号光を出力させる2つの出力光導波路14と、コアと等しい屈折率を有する1箇所以上の島状のコア部分41と、クラッドと等しい屈折率を有する1箇所以上の島状のクラッド部分61から構成される。

【0067】

また、図6に示すように、第四の実施形態にかかる交差平面光回路は、光導波路のコアの幅の変動のみならず、前記 Ψ と Φ^* の位相差が最小となるように光導波路のコア内にクラッドと同じ屈折率を有する島状のクラッド部分61を1箇所以上点在させることができる。

【0068】

ここで、 Ψ と Φ^* は、それぞれ、入力光導波路11から入力された信号光のフィールドを入力光導波路11側から順方向に伝搬させたフィールド、出力光導波路14から出力される希望の信号光のフィールドの位相を反転させたフィールドを出力光導波路14側から逆方向に伝搬させたフィールドである。

【0069】

この場合、島状部分61を具備しない構成と比較して、信号光波長が1550nmの場合における伝搬損失が0.3dBから0.07dBへと大きく改善する。

【0070】

この図6に示す交差平面光回路の変動する光導波路のコアの幅は、第一の実施形態において説明した構成方法を用いて構成することができる。

【0071】

しかし、クラッドと同じ屈折率を有する島状クラッド部分61のサイズが小さい場合、平面光回路の作製が困難になるという問題を伴う。また、サイズが小さすぎる場合、信号光が島上のクラッド部分を通過してしまうため、平面光回路の特性の向上が期待できない。従って、既存の作製プロセスを用いて作製する平面光回路の特性を上記構成で向上させるためには、クラッドと同じ屈折率を有する島状のクラッド部分61の一辺の長さを信号光の波長の $1/10$ 程度以上、 $1\mu\text{m}$ 程度以下にする必要がある。このような条件を付しても、十分に良好な特性が得られること。

【0072】

尚、図6には、コアと等しい屈折率を有する1箇所以上の島状のコア部分41とクラッドと等しい屈折率を有する1箇所以上の島状のクラッド部分61がそれぞれ存在しているが、これらは同時に存在する必要はなく、クラッドと等しい屈折率を有する1箇所以上の島状のクラッド部分61のみが存在する構成でもよい。

【0073】

次に、図7ないし9を参照して第五の実施形態を説明する。

【0074】

上記実施形態では、光導波路のコアの幅が基板に対して平行な方向内で変動する平面光回路の例を示したが、本発明の第五の実施形態に係る光回路は、導波路のコアの幅が基板に対して垂直方向に、すなわち深さ方向に変動する例を示す。

【0075】

導波路のコアの幅が基板に対して垂直方向に変動しても、同様な効果を得ることができる。信号光は深さ方向の方に分布が広がりやすい性質を有しているため、むしろ深さ方向に変動した方がより大きな効果、伝搬に伴う損失を低減する効果が向上する。

【0076】

図7および図8に、深さ方向に光導波路のコアの幅が変動した導波路の例を示す。図7は基板に対して垂直方向から見た平面図である。図8は、図7のVIIIにおける断面図である。

【0077】

図9に作製方法を示す。基板上にポリマークラッドを通常の方法で形成させ、その上に、コアとなる感光性の樹脂を塗布する。紫外光等を上面から照射しながらスキャンする。その際、コアとなるべき部分のみ照射し樹脂化させて硬化させる（図9（a））。その後、未硬化部分をリンスするとコアとなるべき部分のみが残る（図9（b））。

【0078】

この後、図9（a）で塗布したコアとなる感光性の樹脂を塗布した膜厚と同じ膜厚になるよう、また残ったコアとなるべき部分と同じ膜厚となるようクラッドとなる屈折率の低い感光性樹脂を塗布し全面照射して硬化させ、均一平面を得る（図示せず）。

【0079】

さらにこの均一平面上にコアとなる感光性の樹脂を塗布し、紫外光等を上面から照射しながらスキャンして、コアとなるべき部分のみ樹脂化させて硬化させる（図9（c））。その後リンスしてクラッドとなる樹脂を塗布して硬化させる過程を繰り返すことによって、図8に示す深さ方向にコアの幅が変動する導波路を得ることができる図9（d）。

【0080】

この導波路を用いた平面光回路は、平面方向にコア幅が変化する導波路を用いた平面回路と同じように、伝搬損失を測定すると、0.03 dBが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図1】 第一の実施形態にかかる光導波路レンズ（平面光回路）の構成図である。

【図2】 第一の実施形態にかかる光導波路レンズ（平面光回路）の信号光の伝搬損失の波長依存性を示す図である。

【図3】 第二の実施形態にかかる光導波路レンズ（平面光回路）の構成図である。

【図4】 第三の実施形態にかかる交差平面光回路の構成図である。

【図5】 第三の実施形態にかかる交差平面光回路の信号光の伝搬損失の波長依存性を示す図である。

【図6】 第四の実施形態にかかる交差平面光回路の構成を表す図である。

【図7】 第五の実施形態の光回路の平面図である。

【図8】 第五の実施形態の光回路の断面図である。

【図9】 第五の実施形態の光回路の作製過程を示す図である。

【図10】 従来の平面光回路の構成を表す図である。

【符号の説明】

【0082】

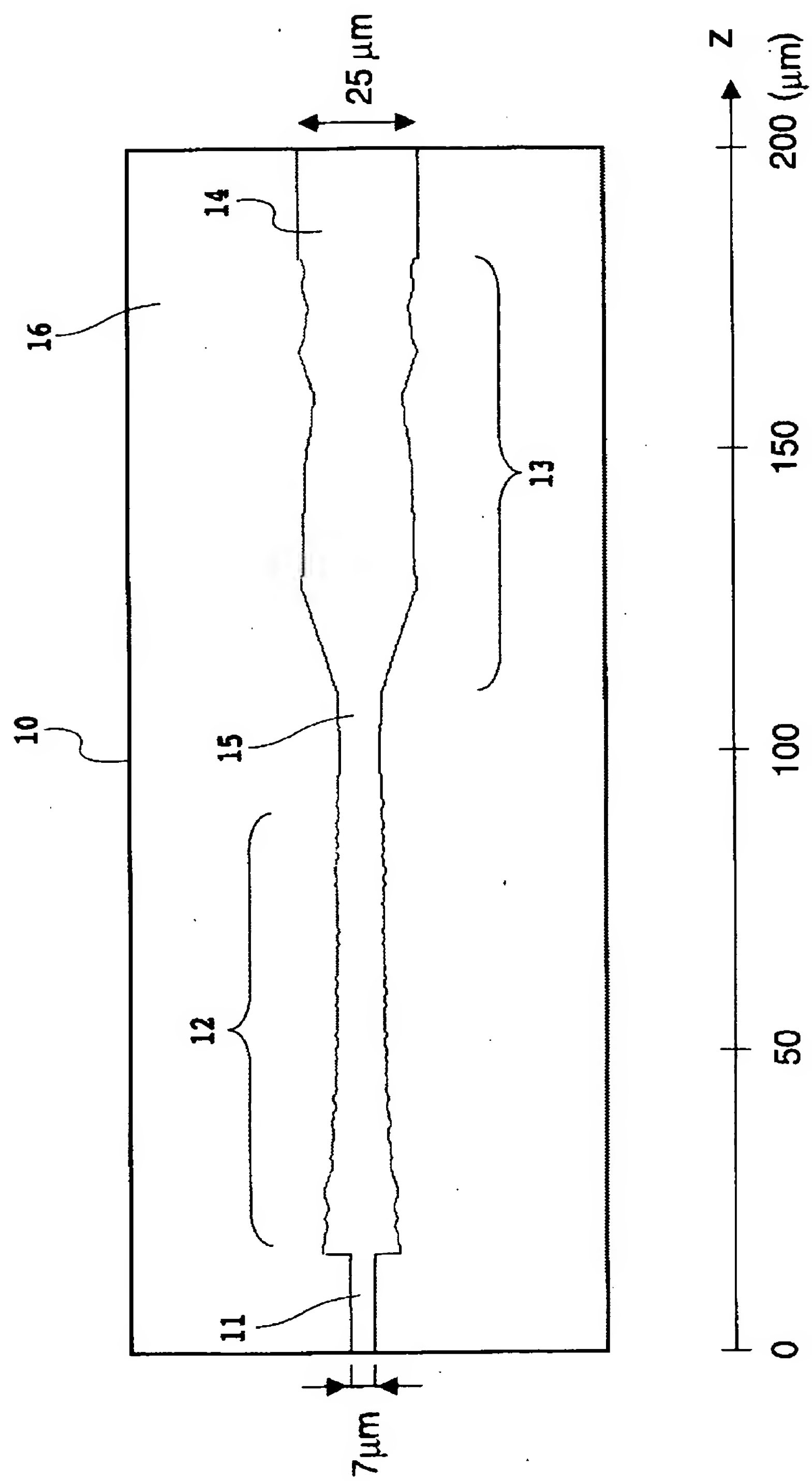
10 基板

11, 71 入力光導波路

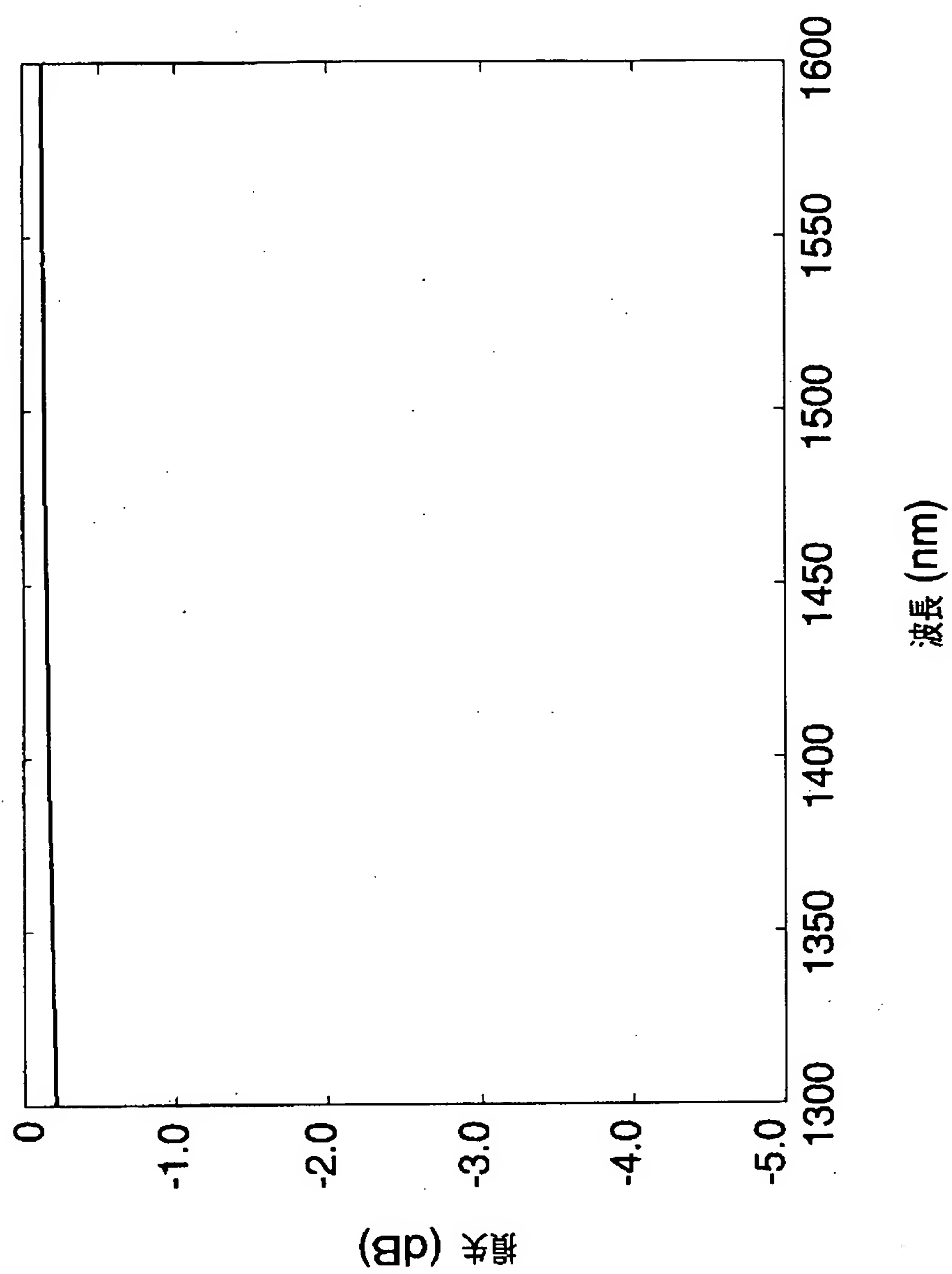
12 高次モードおよび放射モード結合手段

- 1 3 高次モードおよび放射モード再結合手段
- 1 4 , 7 2 出力光導波路
- 1 5 コア
- 1 6 クラッド
- 3 1 高次モードおよび放射モード結合・再結合手段
- 4 1 コアと等しい屈折率を有する島状のコア部分
- 6 1 クラッドと等しい屈折率を有する島状のクラッド部分
- 1 0 0 照射装置

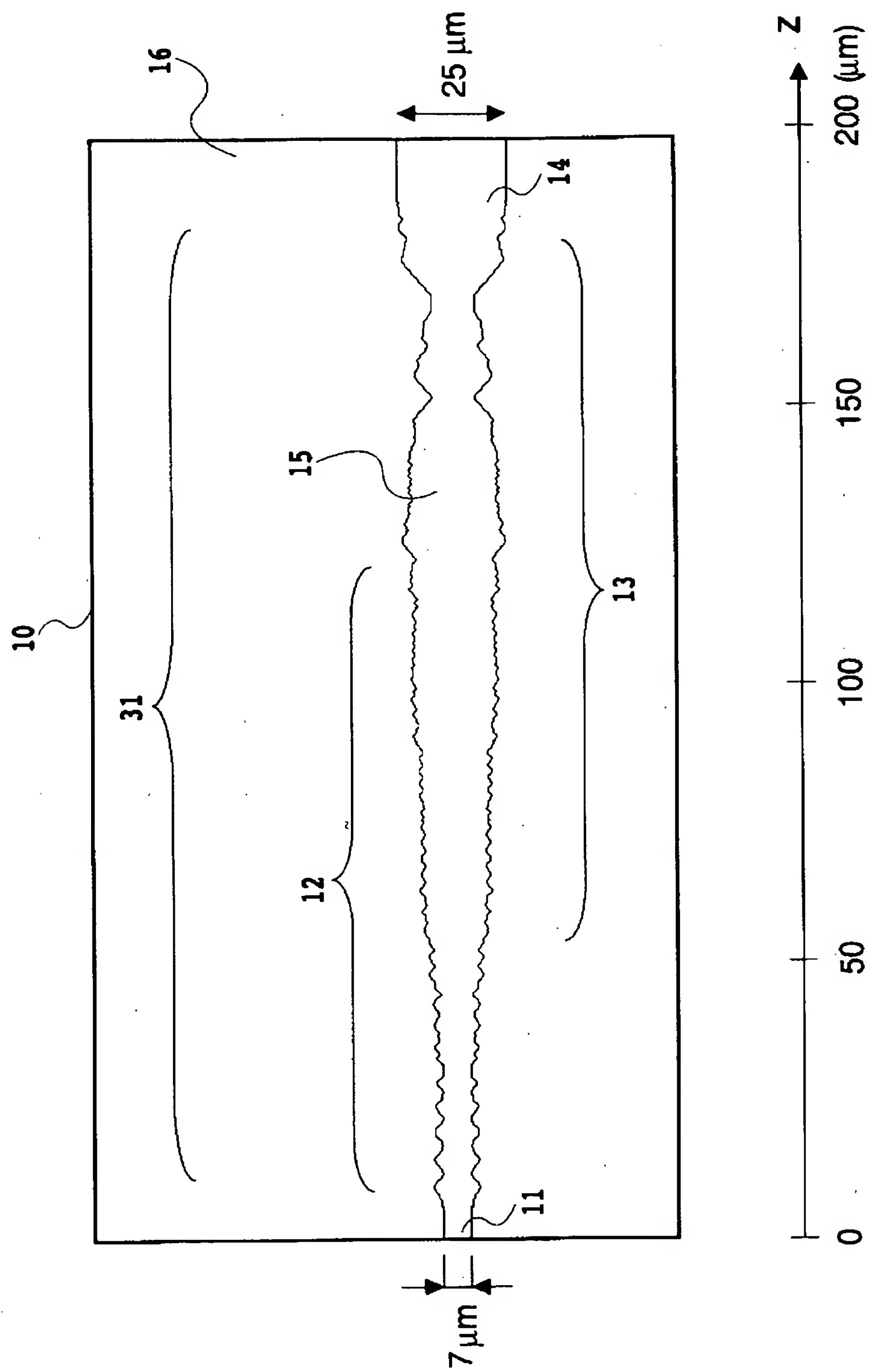
【書類名】 図面
【図 1】



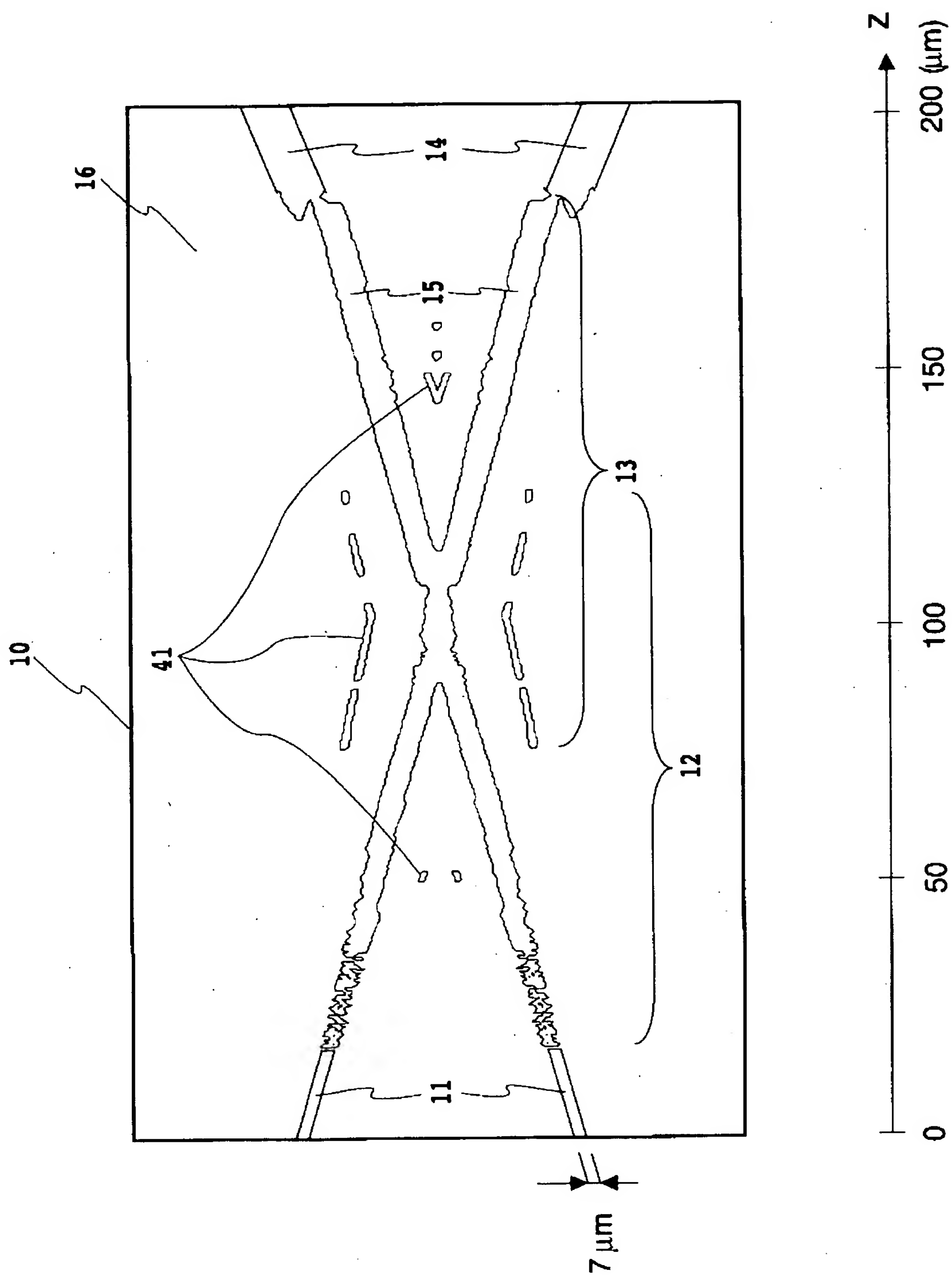
【図 2】



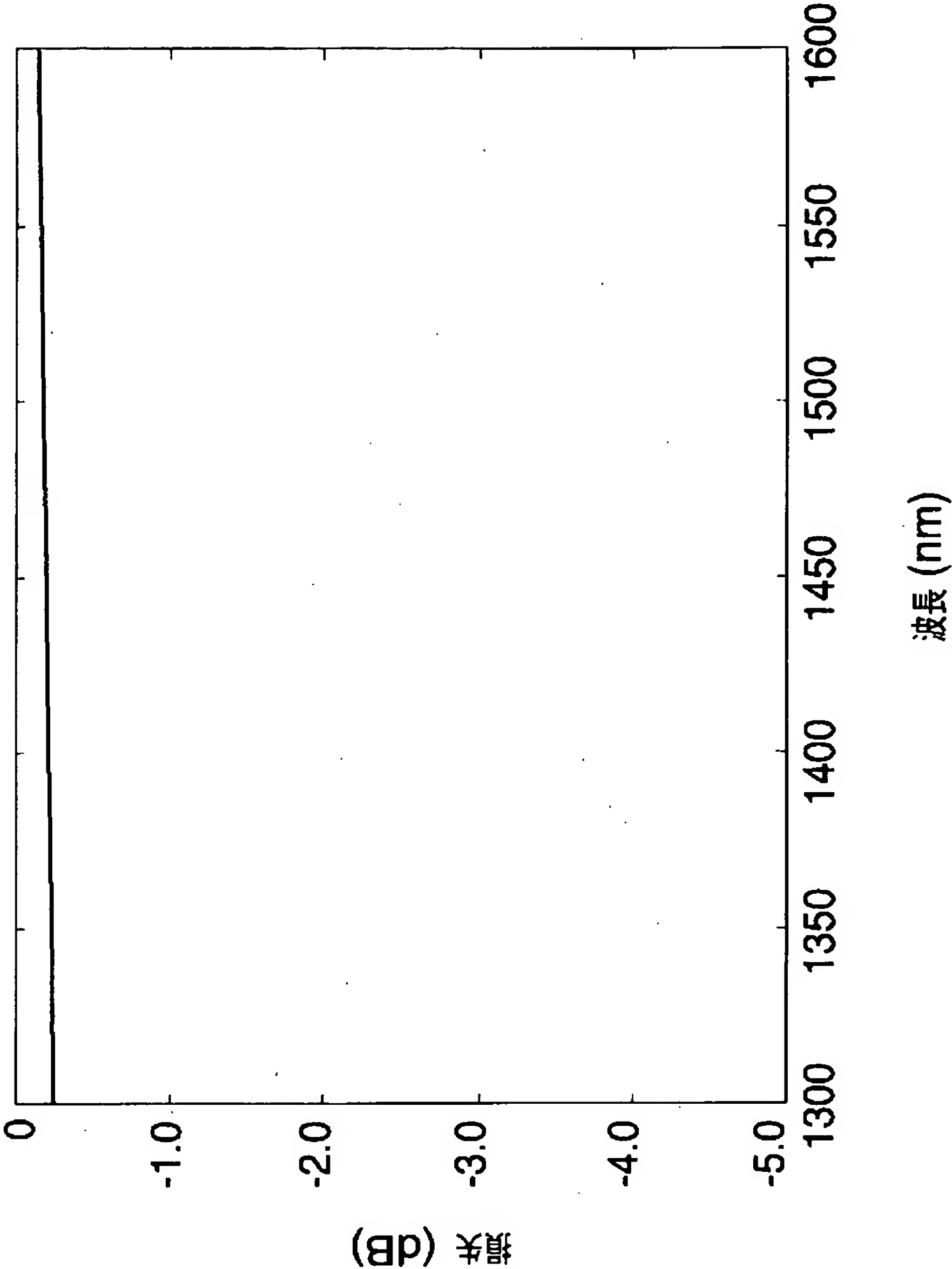
【図 3】



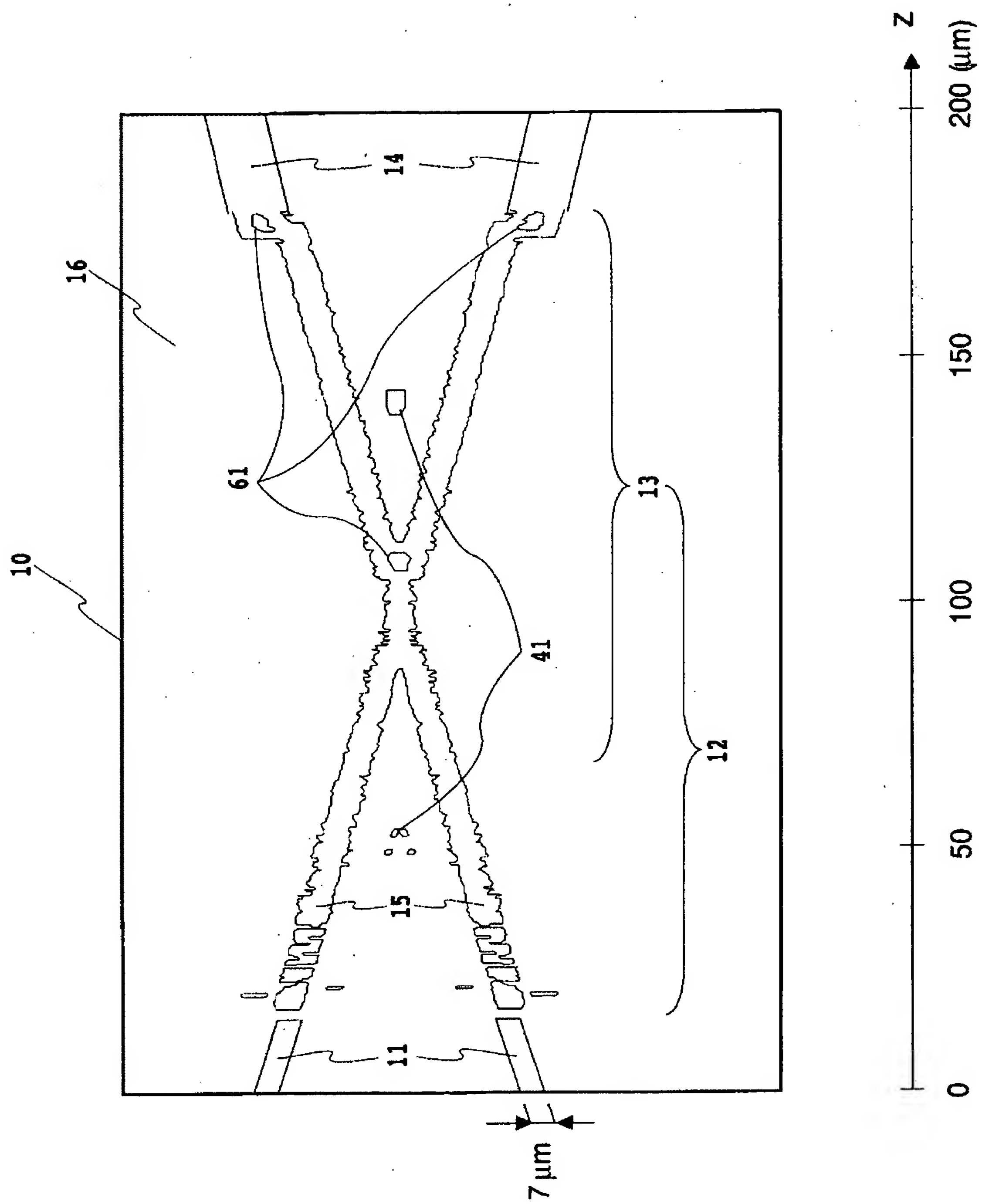
【図 4】



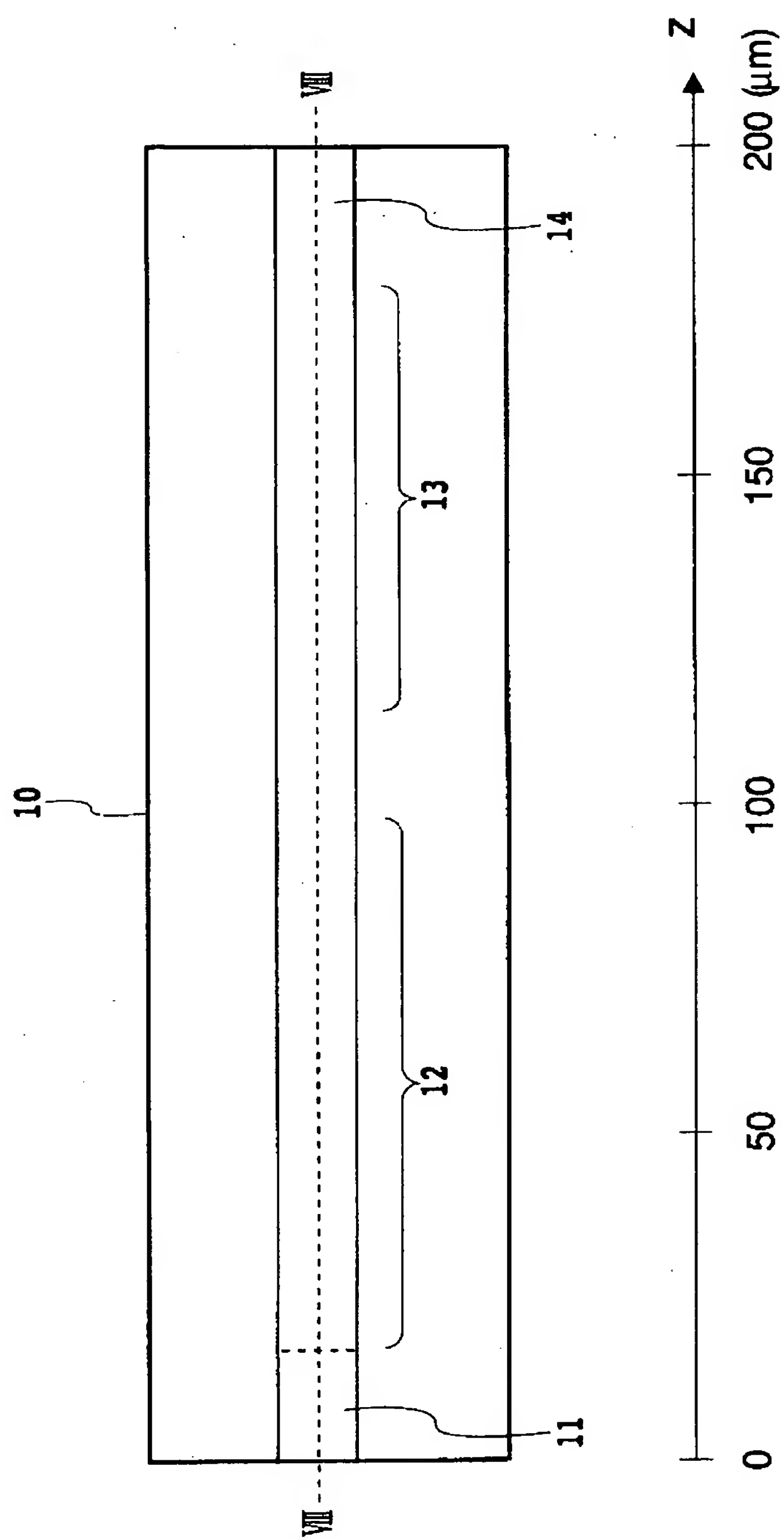
【 図 5 】



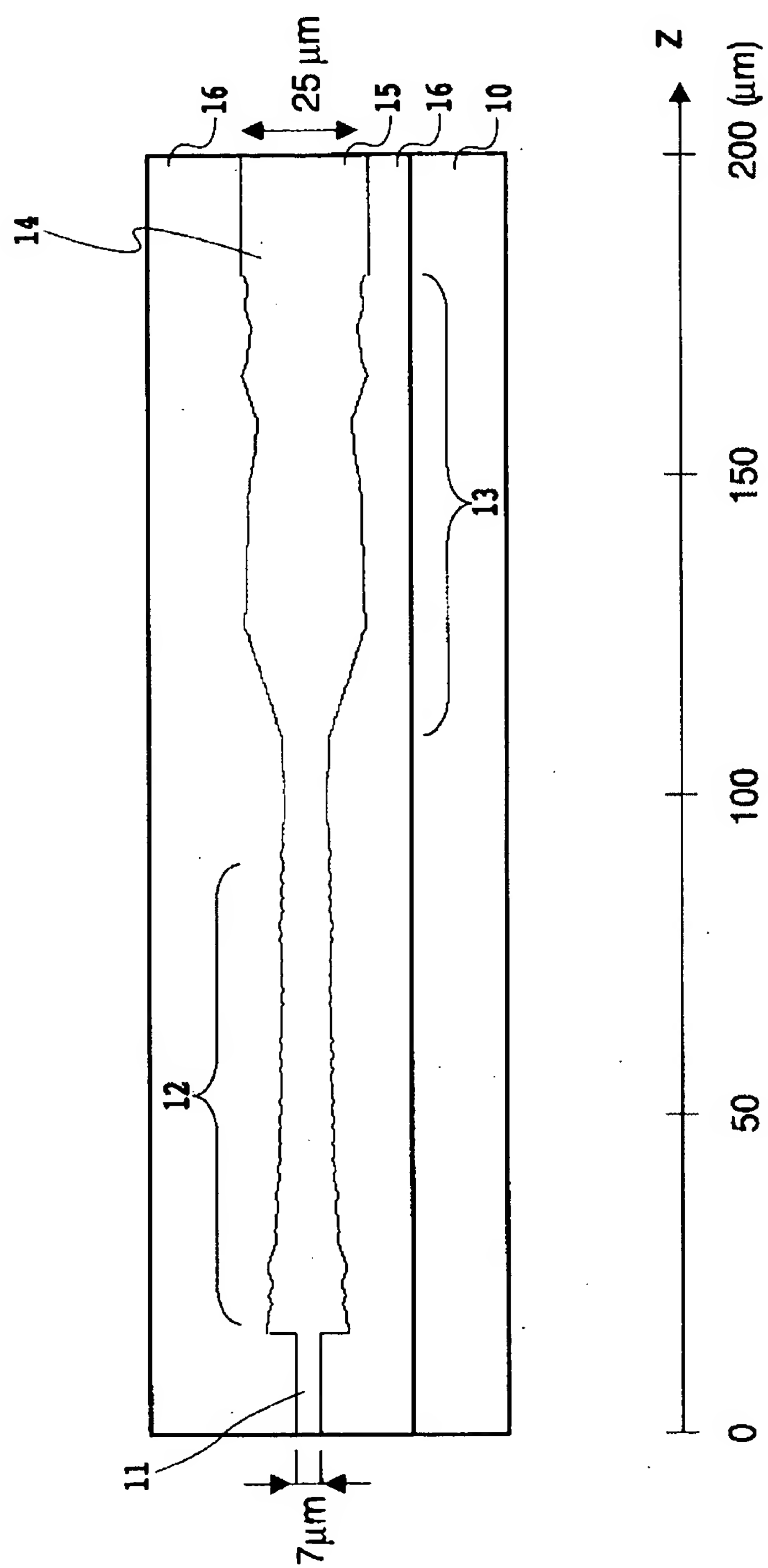
【図 6】

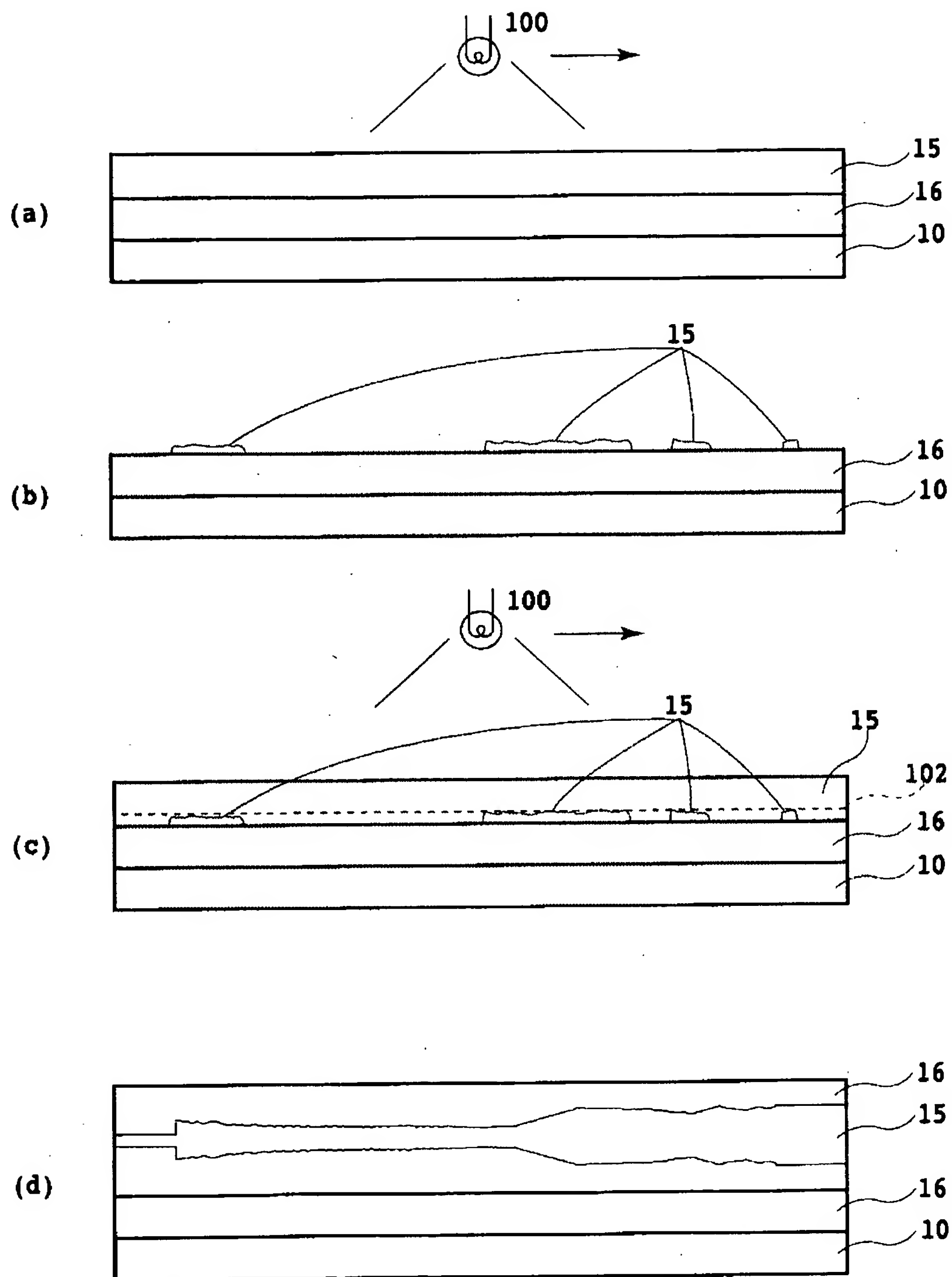


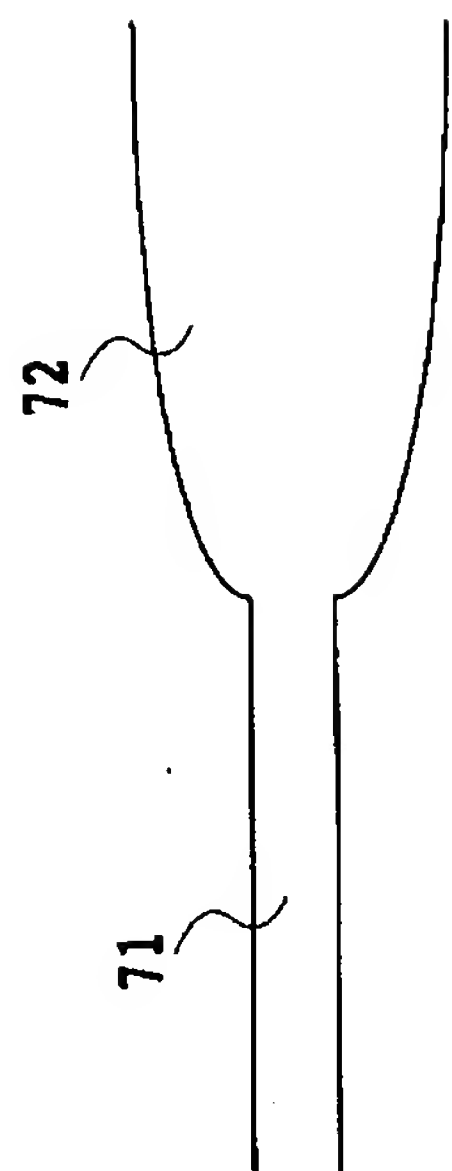
【図 7】



【図 8】







【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 既存の平面光回路作製プロセスで容易に作製することが可能な平面光回路および光導波路レンズを提供する。

【解決手段】 基板上に形成されたコアとクラッドからなる平面光回路は、信号光を入力する１つ以上の入力光導波路と、入力された信号光の一部を高次モードおよび放射モードに結合するモード結合手段と、高次モードおよび放射モードを再結合するモード再結合手段と、信号光を出力させる１つ以上の出力光導波路とを備える。モード結合手段およびモード再結合手段は、幅が非周期的になめらかに変動する光導波路で構成される。

【選択図】 図 1

出願人履歴

0 0 0 0 0 4 2 2 6

19990715

住所変更

5 9 1 0 2 9 2 8 6

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

日本電信電話株式会社